

MIBI DIANSHILU DIANJI GUANLI

密闭电石炉 电极管理

中国电石工业协会 组织编写

张培武 编



化学工业出版社

MIBI DIANSHILU **DIANJI GUANLI**

密闭电石炉 电极管理

ISBN 978-7-122-09798-9



9 787122 097989 >



www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

销售分类建议: 化工

定价: 28.00元

密闭电石炉 电极管理

中国电石工业协会 组织编写

张培武 编



化学工业出版社

· 北京 ·

电极在电石生产中占有重要地位,生产效果的好坏取决于电极是否处于正常工作状态,因此,电石生产工作者应充分重视电极的操作与管理。本书以 25500kVA 密闭电石炉为原型,详细介绍了电石生产中电极的接长、压放、提升与下降,电极糊装填与消耗,电石炉的启动,中空电极的投运等工艺环节的操作与管理,对电极发生硬断、软断、流糊、悬料、压放困难、过烧等故障的原因进行了剖析,并提出了处理方法。

本书实用性强,可供电石生产技术人员和管理人员参考,也可作为电石企业员工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

密闭电石炉电极管理/中国电石工业协会组织编写;张培武编. —北京:化学工业出版社,2010.12

ISBN 978-7-122-09798-9

I. 密… II. ①中…②张… III. 碳化钙-生产工艺 IV. TQ161

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 209629 号

责任编辑:傅聪智
责任校对:顾淑云

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 4 字数 76 千字
2011 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)
售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00 元

版权所有 违者必究

序

我国的电石行业经过 80 余年的发展，已经成为化学工业的一个重要组成部分。据中国电石工业协会统计，2009 年，我国电石生产能力接近 2400 万吨，电石产量已超过 1500 万吨，成为世界电石第一生产和消费大国。

进入 21 世纪，受原油价格大幅度上涨的拉动和以电石法乙炔为原料的有机合成工业的快速发展，我国电石产能扩张飞速，企业数量大幅度增加。通过对引进技术的消化吸收，行业的技术水平有了很大的提高；在此基础上也创造出一些拥有自己特色的知识产权和技术管理方法。大型密闭式电石炉也实现了国产化，国产密闭式电石炉的各项指标、能耗、污染物排放均与国外企业水平相当。我国密闭式电石炉的比重也提高到总产能的近 40%，在目前电石技术装备向大型化、密闭化、集约化更新发展的时期，面对电石生产装备技术水平的不断提高，作为电石生产的管理者应更加细致地关注电石新型生产设备的特点以及生产中易产生的安全隐患，不断地规范操作方法和制定有效的安全措施，提高安全生产管理水平。密闭式电石炉电极管理是电石生产企业安全管理重要的基础工作之一。

张培武同志根据中国电石工业协会三届四次理事会的决议，依据全国密闭式电石炉电极生产装置的基础数据，并参考了部分企业的情况，结合 20 多年的操作经验，进行了总结归纳，编写

成了《密闭电石炉电极管理》一书。此书翔实地介绍了电极的管理、电极的故障与处理、电石炉的启动以及中空电极，并总结和提出了在生产中的开车、停车、常见故障和异常情况处理措施。此书实用性强，可以作为电石企业员工的培训教材，也可以作为技术人员的重要参考书。

在此，我也真诚地期待电石企业的管理者对此书提出宝贵的意见，以使它更加完善。同时，我也代表中国电石工业协会对张培武同志表示衷心的感谢！希望更多的电石从业者将实践经验和思考写出来，奉献给我们共同关注和为之奋斗的电石行业。

中国电石工业协会秘书长 孙伟善

2010 年 8 月

前言

► FOREWORD

我国为了提高国内电石行业整体设备装置的技术水平,从1988年开始由原化学工业部、机械工业部共同引进了挪威 Elkem 公司的 7 台 25500kVA 密闭电石炉关键技术和设备,配套的有炉气干法净化系统、德国维马斯特公司的套筒式气烧石灰窑。在1990年9月由下花园电石厂第一家正式送电投产,先后经历了调试、改造、稳定运行几个阶段。在生产初期,由于工艺条件、技术水平、操作方式、设备设施等方面未能配套跟上,尤其是人员素质和技术水平跟不上,导致电石生产的主要技术经济指标未能达到设计要求,后经过全国电石行业工作者的共同努力,在设备上做了重大改进(比如炉盖的提高、水冷套的降低、料柱的变化、安装烧穿变压器,尤其是炉气干法净化系统的改造等)。到目前为止,全国已有几十家厂家都在运行,电石炉生产基本上达到或超过原设计要求,同时电石的产量及质量有所提高,其原料消耗与总能耗有所下降,通过不断摸索与实践,在电石炉的工艺操作及设备改造等方面取得了一些成熟的经验,经过消化和吸收,使我国电石生产水平及规模上了一个新台阶。

在电石炉设备中,电极是重要设备之一,起着导电和传热的作用。在电石生产中,电流通过电极输入炉内产生电弧,利用电阻热和电弧热释放能量,进行冶炼电石。另外,电炉的许多设计参数与电极直接有关,如电极电流密度、电极同心圆、电极间

距、炉膛内径、炉膛深度等。生产效果的好坏决定于电极是否处于正常工作状态，如果电极出现问题，如出现硬断、软断、过短、过长、破裂、漏糊、刺火等事故，都会影响电石的正常生产，有时会造成几小时甚至几天的停炉，严重时可能发生人身事故，对人力、物力、财力都是极大的浪费。因此作为电石生产者，应了解和掌握电极糊的成分、电极上的设备、电极的工作状态、电气参数对电石炉的影响等与电极有关的知识，只有掌握了这些知识，才能控制生产、掌握生产。如果不重视电极的管理，就会导致电极事故，造成不必要的停电，给安全生产带来不良的后果。

由于电石炉有多种炉型，各种炉型电极管理包括的内容很多，本书的内容是以河北下花园电石厂 25500kVA 密闭电石炉为原型进行讨论的，有关的原理和方法，无论是容量大的密闭电石炉还是容量小的密闭电石炉都能适用。若本书能对全国的电石行业工作者有所裨益，作者将感到莫大的荣幸。由于水平所限，经验不足，书中有不妥之处在所难免，望同行的专家和读者提出宝贵意见，如蒙指正，极为感谢！

张培武

2010 年 8 月

目 录

► CONTENTS

第一章 电极概述	1
第一节 自焙电极	3
一、自焙电极概述	3
二、自焙电极的指标要求	4
第二节 碳素材料的性质	5
一、碳素材料的物理性质	6
二、碳素材料的化学性质	7
第三节 电极糊	8
一、制造电极糊的原料	9
二、电极糊的生产工艺	12
三、电极糊的质量控制	13
四、密闭炉电极糊质量标准	15
五、不同炉型电极糊的技术指标	16
第四节 电极糊塑性的测量方法	16
第五节 电极糊的烧结	20
一、焙烧电极的热源	20
二、电极糊烧结的三个阶段	23
三、电极糊烧结过程中物理性质随温度的变化情况	25
四、影响电极烧结速度的因素	28
五、电极糊的管理	28

第二章 电极的管理	30
第一节 对电极的要求和电极工作参数	31
一、对电极的要求	31
二、电极工作参数	32
第二节 电极的接长	36
一、电极筒焊接技术要求	36
二、制造电极筒的设备	37
三、电极筒的制造过程	38
四、炉上的焊接	40
五、电极筒内焊接筋片及铁筋的作用	40
第三节 电极糊的装填	41
一、电极糊高度的确定方法	42
二、电极糊高度的测量方法	43
三、测电极糊高度的要求	45
第四节 电极的压放	45
一、电极组合把持器的主要部件	46
二、调整压力的工具和注意事项	48
三、电极的压放	50
第五节 电极的提升与下降	54
第六节 压放时间的确定	55
一、电极电流与压放时间的关系	55
二、影响压放时间的因素	56
第七节 电极糊的消耗	62
一、电极糊质量的影响	62
二、电石炉使用的原料的影响	63
三、利用电流、电压调节	64

四、操作的影响	64
第三章 电极故障与处理	66
第一节 电极硬断	67
一、电极硬断的原因	67
二、电极硬断的处理方法	69
三、预防电极硬断的方法	72
第二节 电极流糊	75
一、电极流糊的原因	75
二、电极流糊的处理方法	76
第三节 电极软断	76
一、电极软断的四种情况	76
二、电极软断的原因	77
三、电极软断的处理方法	78
四、电极软断的预防	79
第四节 电极糊悬料	80
一、电极糊悬料的原因	80
二、电极糊悬料的处理方法	81
第五节 电极压放困难	81
一、电极压放困难的原因	81
二、电极压放困难的处理方法	82
第六节 电极过烧	82
一、电极过烧的原因	82
二、电极过烧处理办法及预防措施	83
第七节 电极故障的发现与判断	83
第八节 电极筒在接触元件内烧坏案例	85
第四章 电石炉的启动	89

第一节 开新炉	90
一、电烘炉的准备	90
二、试送电	92
三、焙烧电极	92
四、升温阶段	94
五、注意事项	95
六、正常生产	96
第二节 大修后的开炉	97
第三节 停炉后的开炉	98
第四节 电极硬断后的开炉	101
第五章 中空电极	104
第一节 中空电极工艺流程	105
第二节 中空电极的作用	108
第三节 工艺条件及设备参数	109
第四节 工作程序	110
第五节 输送系统的维护	113
第六节 中空粉料的投入对电石炉操作的影响	114
参考文献	117

第一章

电极概述

在电石炉设备中，电极是重要设备之一，起着导电和传热的作用。在电石生产中，电流通过电极输入炉内产生电弧，利用电阻热和电弧热释放能量，进行冶炼电石。

电石生产所用的电极多为碳质电极，碳质电极可分为三种：碳素电极、石墨电极和自焙电极。

碳素电极以无烟煤、冶金焦、沥青焦和石油焦为原料，按一定的比例混合再加入黏结剂沥青和焦油，在适当的温度下搅拌均匀后压制成型，最后在焙烧炉缓慢焙烧制得。

石墨电极以石油焦和沥青焦为主要原料先制成碳素电极，再放到温度为 $2273\sim 2773\text{K}$ 的石墨化电阻炉中，经石墨化制成石墨电极，石墨电极的直径一般不超过 1m ，满足不了大电炉的要求，而且价格居高不下，使其应用受到限制。

自焙电极以无烟煤、焦炭、沥青和焦油为主要原料，在一定的温度下先制成电极糊，把电极糊装入已经安装在电石炉上的电极筒中，在电石炉生产的过程中依靠电流通过时所产生的焦耳热和炉内的传导热，自行烧结焦化。自焙电极可连续使用，边使用边接长边烧结成型。这种自焙电极不仅工艺简单，成本也低，广泛用于电石炉及铁合金炉的生产（埋弧式矿热炉）。

第一节 自焙电极

一、自焙电极概述

自焙电极也称索德伯格电极，其发展历史可追溯到1909年，当时挪威工程师索德伯格做了这样一个实验，将未经焙烧的碳素材料放在电炉中，利用输入电流的焦耳热和废热来焙烧，结果成功获得自焙电极。

电极由充满的电极糊及电极筒构成，电极筒由厚1~2.5mm的钢板卷制而成，内有翅片和铁筋，用以增加电极的强度和导电性。电极筒的立筋和横截面的开孔，解决了电极糊与电极筒的脱离问题，使得电极筒和电极糊结合得更牢固。电极筒安装在电极把持器内，通过电极夹紧装置延伸到炉中反应区，电极在炉内工作时不断地消耗，所以要不断地下放电极及填装电极糊，以资补充。

直径大的电极筒上下要做成等径的，每节筒内端头焊接20~30mm的钢板连接。电极筒的制作要求很严，各部尺寸必须保证，电极筒的钢板要用碳钢板制作，要保证制作质量。

电极糊装入电极筒内，与电极筒同时向下移动，不断地消耗不断地补充，在此过程中，电极糊要经过三个相态变化，即固态—液态—固态，在室温（25℃）时电极糊为固态，当温度由25℃上升到120~200℃时，电极糊焙烧成液

体状态,同时电阻增大,温度再升至 $650\sim 750^{\circ}\text{C}$ 时电极糊挥发而变黏稠,电阻逐渐变小,当温度达到 $900\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 时,电极糊开始烧结,在此转化过程中电极糊的电导率随电阻的增大而减小。

经过 1000°C 以上的高温焙烧,使电极糊碳化而成电极,因为电极筒在不停电的情况下焊接,电极糊也是在不停电的情况下加入,电极不断消耗,电极糊连续进行焙烧而形成电极,所以叫做连续自动焙烧电极,简称自焙电极。

自焙电极广泛用于电石炉和铁合金炉,这种电极的特点是直径可增大到 2m ,为应用到大负荷容量的矿热炉创造了有利条件,而且价格低廉,操作较简单。

二、自焙电极的指标要求

烧结后的自焙电极应满足如下指标要求。

真密度	$1.8\sim 1.9\text{kg}/\text{m}^3$
假密度	$1.4\sim 1.5\text{kg}/\text{m}^3$
气孔率	$22\%\sim 27\%$
拉伸强度	$20\sim 40\text{kgf}/\text{cm}^2$ ^①
压缩强度	$150\sim 200\text{kgf}/\text{cm}^2$
电阻率	$55\sim 75\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$
膨胀率	$5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
杨氏模量	3.5GPa

① $1\text{kgf}/\text{cm}^2=98.0665\text{kPa}$,全书同。

第二节 碳素材料的性质

自焙电极是由电极糊焙烧而成，电极糊的主要成分是碳。自然界中的碳有 3 种形态：金刚石、石墨、无定形碳（通常所称的碳）。金刚石和石墨是结晶体，无定形碳是非结晶体，它们都是碳的同素异构体。它们在不同的压力和温度下，形成不同结构的物质。

碳是煤炭和焦炭中的主要成分，煤炭是泥煤、褐煤、烟煤及无烟煤的统称。焦炭是烟煤或某些含碳量高的物质（石油沥青、渣油、煤沥青）在高温下隔绝空气加热使之焦化的产物，如烟煤焦化后生成冶金焦，石油沥青或渣油焦化后生成石油焦，煤沥青焦化后生成沥青焦。

石墨可分为人造石墨和天然石墨，都是碳原子之间呈六角环形片状体的多层叠合晶体。石墨具有良好的导电性和导热性，导热性甚至超过铁、钢、铅等金属材料。石墨又有良好的耐腐蚀性，常温下石墨不与各种酸和碱发生反应。石墨还是一种能耐高温的材料，常压下，在 3700°C 可升华为气体，另外，一般材料在高温下强度逐渐降低，而石墨恰恰相反，在加热到 2000°C 时，其强度反而比正常温度时提高一倍，石墨的弱点是抗氧化性能差。

石墨的电阻率在一定的温度范围内，温度越高电阻率越低，这是它的特殊性。